



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 51 761 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**A 61 B 19/00**  
A 61 B 8/00  
A 61 B 6/00  
// A61B 17/22

⑲1 Aktenzeichen: 197 51 761.7  
⑲2 Anmeldetag: 21. 11. 97  
⑲3 Offenlegungstag: 15. 10. 98

DE 197 51 761 A 1

⑥6 Innere Priorität:  
197 15 223. 6 11. 04. 97

⑦1 Anmelder:  
BrainLAB Med. Computersysteme GmbH, 85551  
Kirchheim, DE

⑦4 Vertreter:  
Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München

⑦2 Erfinder:  
Vielsmeier, Stefan, 85586 Poing, DE; Birkenbach,  
Rainer, 85622 Feldkirchen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4 System und Verfahren zur aktuell exakten Erfassung von Behandlungszielpunkten

⑤7 Die Erfindung betrifft ein System sowie ein Verfahren zur Erfassung von Behandlungszielpunkten mit einer computergestützten Referenzierungseinrichtung, die positionsgebende Reflektoren und Marker sowie eine erste Positionsdetektionseinrichtung aufweist und Diagnose-daten eines Patienten mit den ermittelten Positionswerten von Behandlungsgeräten und Patienten-anatomie zur optimierten Behandlung verknüpft. Eine zweite Positions-detektionseinrichtung wird in die Referenzierungseinrichtung eingebunden und mit deren Positionsinformationen werden die Positionswerte aus der ersten Positions-detektionseinrichtung aktualisiert. Die Erfindung betrifft weiter ein Eichverfahren zur Einbindung der Positionserfassung eines Ultraschall-Diagnosegerätes in eine computergestützte Referenzierungseinrichtung.

DE 197 51 761 A 1

Die Erfindung betrifft ein System sowie ein Verfahren zur aktuell exakten Erfassung von Behandlungszielpunkten mit einer computergestützten Referenzierungseinrichtung, die positionsgebende Reflektoren und Marker sowie eine erste Positionsdetektionseinrichtung aufweist und Diagnosedaten eines Patienten mit den ermittelten Positionswerten von Behandlungsgeräten und Patientenanatomie zur optimierten Behandlung verknüpft.

Insbesondere auf dem Gebiet der Neurochirurgie ist es üblich, Navigationssysteme zur Verfügung zu stellen, die die Tätigkeit des Chirurgen mit Hilfe eines Computers und einer Bildschirmausgabe unterstützen. An Behandlungsgeräten, beispielsweise an chirurgischen Instrumenten, werden aktive Signalgeber oder Reflektoren angebracht. Auch der Patient und seine Fixationseinrichtungen, beispielsweise eine Patientenliege mit einem Kopfring, werden markiert bzw. referenziert, wobei am Patienten natürliche oder künstliche Landmarken verwendet werden.

Eine Kameraanlage, die dazu in der Lage ist, räumliche Positionswerte zu erfassen, überwacht das Operationsgebiet und gibt die Positionen der Behandlungsgeräte sowie die der durch die Landmarken festgelegten Patientenanatomie an ein Computersystem weiter, das die Verbindung zwischen dem behandelnden Chirurgen, d. h. der Patientenanatomie, wie er sie bei der Behandlung sieht, und diagnostischen Daten herstellt, die beispielsweise durch eine Computertomographie erhalten wurden. Durch die Rechneinheit wird eine virtuelle Bildreproduktion des Operationsgebietes wiedergegeben; der Chirurg kann bildschirmunterstützt arbeiten. Er sieht über die Bildausgabe virtuell auch Behandlungsbereiche, die visuell nicht zugänglich sind.

Ein wichtiger Arbeitsschritt bei der Durchführung einer Behandlung mit solchen Neuronavigationssystemen ist die anfangs stattfindende Referenzierung der Patientenanatomie. Vor der Durchführung der Computertomographie wird ein Satz künstlicher Marker an dem Patienten in der Umgebung der zu behandelnden Partie angebracht. Diese Marker, die sowohl bei der Computertomographie als auch später bei der Behandlung durch die Kamera erfaßt werden können, werden beispielsweise über Pflaster auf die Haut des Patienten aufgeklebt.

Bei der Computertomographie wird die Position der Behandlungsziele, beispielsweise eines Tumors, gegenüber der Markergruppe genau referenziert, die Lage des Behandlungsziels ist deshalb auch später im Neuronavigationssystem erfaßbar.

Ein Nachteil solcher Neuronavigationssysteme besteht zunächst in der relativen Ungenauigkeit der Patientenreferenzierung mittels aufgeklebter Marker. Hautverschiebungen bei der Fixierung des Patienten vor der Operation können die Referenzierung mit Ungenauigkeiten belasten. Invasive Markerbefestigung, z. B. durch Anbohren von Knochenanteilen, würde dieses Problem zwar lösen, solche Methoden sind jedoch deswegen zu vermeiden, weil sie den Patienten stark belasten.

Ein weiteres grundsätzliches Problem bei bekannten Neuronavigationssystemen besteht in der Lageverschiebung der zu behandelnden Körperpartien. Eine solche Lageverschiebung kann durch mehrere Faktoren entstehen, beispielsweise durch den Abfluß von Körperflüssigkeiten, durch Druckveränderungen beim Öffnen von über dem Behandlungsgebiet liegenden Körperpartien, oder ganz einfach durch Lageänderungen aufgrund der Schwerkraft.

Finden solche Lageänderungen kurz vor der Operation oder während dieser statt, ist das Neuronavigationssystem wiederum mit einer Ungenauigkeit belastet, die insbeson-

dere bei Gehirnoperationen negative Auswirkungen haben kann, wo gesunde Gehirnpartien unbedingt zu schonen sind.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein System sowie ein Verfahren zur Erfassung von Behandlungszielpunkten zur Verfügung zu stellen, das die obigen Nachteile kompensiert. Insbesondere soll eine aktuell exakte Erfassung der Behandlungszielpunkte ermöglicht werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zusätzlich zur Neuronavigation (einer ersten Positionsdetektionseinrichtung) eine zweite Positionsdetektionseinrichtung in die Referenzierungseinrichtung eingebunden ist, mit deren Positionsinformationen die Positionswerte aus der ersten Positionsdetektionseinrichtung aktualisiert werden.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung liegt in erster Linie darin, daß vor Ort, d. h. kurz vor und während der Operation, die Lage der Behandlungsziele nochmals in genauer Weise nachreferenziert werden kann. Durch das Erfassen der aktuellen Lage nach Lageveränderungen, die durch den Abfluß von Körperflüssigkeiten, Druckveränderungen oder wegen der Schwerkraft entstehen, ist es erfindungsgemäß möglich, das gesamte Navigationssystem neu abzustimmen. Auch Ungenauigkeiten, die durch Hautverschiebungen entstehen, können berichtigt werden, so daß der Einsatz von invasiven, den Patienten belastenden Techniken zur Markerfixierung nicht mehr nötig wird.

Die Behandlung kann nunmehr mit aktuellen Lagedaten computergestützt durchgeführt werden. Patientenschädigungen durch Ungenauigkeiten werden vermieden.

Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems weist die zweite Positionsdetektionseinrichtung eine Reflektorengruppe auf, die von der ersten Positionsdetektionseinrichtung erfaßt werden kann. Durch diese Maßnahme wird in geeigneter Weise die Verbindung zwischen den beiden Positionsdetektionseinrichtungen hergestellt, d. h. die Lage der zweiten Positionsdetektionseinrichtung kann über die darin angebrachte Reflektorengruppe im Operationsgebiet genau bestimmt werden. Die Information aus beiden Positionsdetektionseinrichtungen kann in Übereinstimmung gebracht werden.

Eine Ausführungsvariante des Systems nach der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Positionsdetektionseinrichtung ein Ultraschall-Diagnosegerät mit einer Reflektorengruppe tragenden Sonde ist, welche mit einer Ultraschallbildverarbeitung verbunden ist, die ein Ultraschallbild auf demselben Bildausgabe ausgibt, wie eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum.

Die aktuelle Position der Patientenanatomie wird also hier durch ein Ultraschallbild festgestellt. Gewöhnlich sind solche Ultraschallbilder eher unscharf und können die Anatomie nur andeutungsweise wiedergeben. Die genaue Erfassung von Daten zur Operationsunterstützung ist bei Operationen, die eine hohe Positionstreue erfordern, nur durch Ultraschallbilder nicht möglich.

Es ist jedoch sehr gut möglich, mit einem Ultraschallbild Gesamtlageveränderungen genau zu erfassen. Verschiebungen charakteristischer Außenkonturpunkte, beispielsweise für einen Tumor, können mit hoher Genauigkeit ermittelt werden, und wenn diese Information über die Lageveränderungen an das Neuronavigationssystem weitergegeben wird, das ein hochexaktes Anatomiebild mit den Daten aus der Computertomographie liefert, kann die computerunterstützte Behandlung optimal positionstreu durchgeführt werden. Wenn das Ultraschallbild sowie das Bild aus der computergestützten Referenzierungseinrichtung auf demselben Bildschirm ausgegeben werden, ist ein Vergleich bzw. ein Abgleich der Daten durch das Chirurgenteam schnell und einfach durchführbar.

Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung ist die zweite Positionsdetektionseinrichtung ein chirurgisches Mikroskop mit einer Reflektorengruppe, welches die Position aktuell fokussierten Punkte an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum übermitteln kann.

In vielen Operationsräumen ist bereits ein chirurgisches Mikroskop vorhanden. Wenn dieses Mikroskop mit einer für die Referenzierungseinrichtung (das Neuronavigationssystem) geeigneten Reflektorengruppe versehen wird, besteht über den Datenaustausch die Möglichkeit, die Lage der Punkte genau zu ermitteln, die im Fokus des Mikroskops liegen. Hierdurch kann auch die aktuelle Position von Punkten an Behandlungszielen bestimmt werden, nachdem eine Lageverschiebung erfolgt ist. Wenn nunmehr die nicht mehr richtige Position charakteristischer Punkte aus der Computertomographie-Referenzierung durch die aktuelle Lageinformation korrigiert wird, besteht also nach einer Neuordnung der Raumpunkte wiederum die Möglichkeit, eine exakte bildschirmunterstützte Operation durchzuführen.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die zweite Positionsdetektionseinrichtung ein Ultraschall-Diagnosegerät mit einer Reflektorengruppe tragenden Sonde, welche mit einer Ultraschallbildverarbeitung verbunden ist, die die aktuelle Position erfaßter Anatomiegebiete an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung übermittelt, welche wiederum eine Bestrahlungseinrichtung steuert.

Hier kommen nun die erfindungsgemäßen Vorteile auch bei Bestrahlungstherapien zur Auswirkung. Insbesondere bei einer Bestrahlung von Gehirntumoren ist die Kenntnis der jeweils aktuellen Position des Behandlungsziels von Wichtigkeit, um gesunde Anatomiebereiche vor der Zerstörung zu bewahren.

Eine Ausgestaltung eines oben beschriebenen Systems, bei dem die computergestützte Referenzierungseinrichtung eine Vorrichtung zur Steuerung des Strahlengangs der Strahlungseinrichtung steuert, ist vor allen Dingen dann von Vorteil, wenn Lageveränderungen ausgeglichen werden sollen, die immer wiederkehren, beispielsweise Lageveränderungen durch die Atmung des Patienten. Wenn die Bestrahlung des Patienten im Brustraum vorgenommen werden soll, bewirkt die Atmung des Patienten eine immer wiederkehrende Lageveränderung der Patientenanatomie. Da vermieden werden muß, daß der Strahlengang auch dann fortgesetzt wird, wenn sich der zu behandelnde Körperabschnitt nicht mehr im Fokus befindet, muß die Bestrahlung beispielsweise intermittierend stattfinden, d. h. der Strahl ist immer nur dann vorhanden, wenn der Zielpunkt sich auch im Strahlengang befindet. Zu anderen Zeitpunkten ist der Strahl abzuschalten.

Durch die ursprüngliche Referenzierung des Behandlungsgebiets über Marker in einem Referenzierungssystem und durch den aktuellen Abgleich der Positionswerte für das Behandlungsgebiet mittels einer Ultraschall-Bilderfassung kann ein solcher intermittierender Betrieb mit guter Positionstreue aufrechterhalten werden.

Eine zweite Einsatzmöglichkeit des erfindungsgemäßen Systems, bei dem die computergestützte Referenzierungseinrichtung eine Vorrichtung zur Lagesteuerung des Patiententrägers der Bestrahlungseinrichtung steuert, findet vor allen Dingen bei dem Abgleich von Referenzierungsungenauigkeiten und anderen einmalig stattfindenden Lageveränderungen Anwendung. Wenn nach der Fixierung des Patienten über eine Ultraschalldiagnose festgestellt wird, daß sich das zu bestrahlende Ziel nicht mehr exakt an der Stelle befindet, an der es nach der Referenzierung über die Computertomographie sein sollte, können die Positionswerte mittels der In-

formationen aus der Ultraschalldiagnose abgeglichen werden. Es besteht nunmehr die Möglichkeit, den Patiententräger, beispielsweise einen Behandlungstisch für die Bestrahlung, auf dem der Patient fixiert ist, motorisch so nachzufahren, daß der Strahl wieder auf die aktuelle Position des Behandlungsziels trifft.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erfassung von Behandlungszielpunkten weist ganz allgemein die folgenden Schritte auf:

- computergestützte Referenzierung der Patientenanatomie mittels positionsgebender Reflektoren und Marker sowie mit einer ersten Positionsdetektionseinrichtung, wobei Diagnosedaten eines Patienten mit den ermittelten Positionswerten von Behandlungsgeräten und Patientenanatomie zur optimierten Behandlung verknüpft werden,
- Erfassen der aktuellen Position von Behandlungszielen durch eine zweite Positionsdetektionseinrichtung,
- Einbinden der Information über die aktuelle Position in die Referenzierungseinrichtung durch die Einbindung der zweiten Positionsdetektionseinrichtung in die Referenzierungseinrichtung,
- Aktualisieren der Positionswerte aus der ersten Positionsdetektionsrichtung mit den Positionsinformationen der zweiten Positionsdetektionseinrichtung.

Wie schon für das erfindungsgemäße System beschrieben, bringt auch das neue Verfahren die Vorteile der Korrektur von Ungenauigkeiten sowie der Kompensation von Lageveränderungen mit sich. Auch beim erfindungsgemäßen Verfahren kann die aktuelle Position der Behandlungsziele über eine Reflektorengruppe an der zweiten Positionsdetektionseinrichtung von der ersten Positionsdetektionseinrichtung erfaßt werden.

Wenn ein Ultraschall-Diagnosegerät als zweite Positionsdetektionseinrichtung verwendet wird, welches eine Reflektorengruppe tragende Sonde aufweist, kann die aktuelle Position der Behandlungsziele insbesondere in mindestens zwei Ebenen erfaßt werden. Durch eine solche Ultraschall-Positionserfassung ist eine sehr genaue Lagebestimmung für das Behandlungsziel möglich. Mit diesen neuen Positionswerten kann dann die erste Lagebestimmung durch eine Referenzierungseinrichtung aktualisiert werden; mit den Computertomographie-Daten aus der Referenzierungseinrichtung ist eine hochexakte Behandlungsunterstützung mit aktuellen Positionswerten möglich.

Auch hierbei ist es von Vorteil, wenn das Ultraschall-Diagnosegerät mit einer Ultraschall-Bildverarbeitung verbunden ist, die ein Ultraschallbild auf dieselbe Bildausgabe ausgibt, wie eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum. Bevorzugt erfolgt die Initiierung des Datenabgangs durch ein einfaches bildschirmunterstütztes Verfahren, beispielsweise durch ein Überlagern der Bilder aus der Ultraschall-Bildverarbeitung und aus der Referenzierungseinrichtung mittels eines Übereinanderziehens der Bilder mit einer Computermaussteuerung.

Die Software der Referenzierungseinrichtung bzw. des Neuronavigationssystems kann dabei in bekannter Weise so abgestellt werden, daß mit einer Maussteuerung das aktuelle Ultraschall-Bild markiert wird, das Bild mit Hilfe des Mauscurers auf das Bild aus der Computertomographie gezogen und dort freigegeben wird. Wenn eine solche Prozedur dem System als Initiierung einer erfindungsgemäßen Positionswertaktualisierung vorgegeben wird, kann diese sehr einfach desöfteren während einer Behandlung von einem Behandlungsassistenten durchgeführt werden. Eine genaue Positionswertbestimmung und eine ständige Korrektur sind da-

mit während der Behandlung jederzeit möglich.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die aktuelle Position der Behandlungsziele durch ein chirurgisches Mikroskop mit einer Reflektorengruppe erfaßt, welches die Position aktuell fokussierter Punkte an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum übermitteln kann. Dabei können zur Feststellung der aktuellen Positionswerte charakteristische Punkte des Behandlungszieles mit dem Mikroskop aus verschiedenen Richtungen fokussiert werden, um danach einen aktuellen Abgleich mit den Werten aus der ersten Positionsdetektionseinrichtung durchzuführen.

Wie schon erwähnt, kann die Aktualisierung der Positionswerte vor und während der Behandlung bei jeder Verfahrensgestaltung mehrmals durchgeführt werden.

Auch die Steuerung einer Bestrahlungseinrichtung durch die Übermittlung der aktuellen Position erfaßter Anatomiegebiete an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung bildet eine Durchführungsart des erfindungsgemäßen Verfahrens. Hierbei kann wiederum einerseits die computergestützte Referenzierungseinrichtung eine Vorrichtung zur Ansteuerung des Strahlengangs der Bestrahlungseinrichtung, insbesondere gemäß dem Atmungstakt des Patienten steuern oder zur Erfassung weniger häufig auftretender Lageänderungen bzw. zur Korrektur von Ungenauigkeiten eine computergestützte Referenzierungseinrichtung dazu benutzt werden, eine Vorrichtung zur Lagesteuerung des Patiententrägers der Bestrahlungseinrichtung zu steuern, also beispielsweise motorisch eine Patientenliege so nachzufahren, daß die zu behandelnden Körperpartien wieder im Strahlengang liegen.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Kalibrierungsverfahren zur Einbindung der Positionserfassung eines Ultraschall-Diagnosegerätes in eine computergestützte Referenzierungseinrichtung, die positionsgebende Reflektoren und Marker sowie eine erste Positionsdetektionseinrichtung aufweist und Diagnosedaten eines Patienten mit den ermittelten Positionswerten von Behandlungsgeräten und Patientenanatomie zur optimalen Behandlung verknüpft.

Wenn ein Ultraschall-Diagnosegerät als zweite Positionsdetektionseinrichtung gemäß der Erfindung verwendet wird, muß dieses kalibriert werden, um eine richtige Zuordnung seiner Informationen zu denjenigen aus der Referenzierungseinrichtung zu gestatten. Es muß einerseits bekannt sein, wo die durch die Ultraschall-Sonde erfaßten Anatomiebereiche im Koordinatensystem der Sonde liegen, und andererseits ist zu bestimmen, wo diese Punkte im Raumkoordinatensystem der Referenzierungseinrichtung bzw. der Neuronavigation sind. Dazu wird vor dem Einsatz des Ultraschallgeräts als zweite Detektionseinrichtung ein Kalibrierungsverfahren mit den folgenden Schritten durchgeführt:

- Feststellen der Position einer Eichhilfe über die Referenzierungseinrichtung durch Lokalisierung der Eichhilfe mittels einer daran angebrachten Reflektorengruppe,
- Erfassen der Struktur der Eichhilfe mit der Sonde des Ultraschall-Diagnosegerätes,
- Erfassen der Sondenposition über die Referenzierungseinrichtung mittels einer an der Sonde angebrachten Reflektorengruppe,
- Kopplung der Positionswerte aus dem Ultraschallbild mit den Positionsdaten aus der Referenzierungseinrichtung, wodurch bestimmt, wo der von der Ultraschallsonde abgegriffene Bereich im von der Referenzierungseinrichtung erfaßten Raum liegt.

Nach der Durchführung des beschriebenen Kalibrierungsverfahrens ist sowohl im Koordinatensystem der Referenzierungseinrichtung als auch im SONDENSYSTEM jeder Bildpunkt bezüglich seiner Lage exakt referenziert. Das Ultraschall-Diagnosegerät kann zur aktuellen Feststellung der Positionswerte von Behandlungszielgebieten verwendet werden.

Als Eichhilfe für das Kalibrierungsverfahren wird vorteilhafterweise ein Strukturkörper verwendet, der in charakteristischer Weise angeordnete Stäbe aufweist, deren Winkelanordnung und Verkipfung im Ultraschall-Bild eine exakte Positionsanalyse zuläßt.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung kann das System zur aktuell exakten Erfassung von Behandlungszielpunkten auch auf Magnetfelderfassungen basieren. Bei einem solchen System weist die zweite Positionsdetektionseinrichtung eine Magnetfelderzeugungseinrichtung auf, welche in ein Behandlungsziel eingebracht bzw. in dessen Nähe positioniert ist, sowie einen Detektor für die Magnetfelderzeugungseinrichtung.

Es kommt vor, daß Behandlungsziele, beispielsweise Tumore, im Körper wandern. Die verschobene Position eines solchen wandernden Behandlungsziels kann aktuell mit Hilfe einer Magnetfelderzeugungseinrichtung ermittelt werden. Der Detektor für die Magnetfelderzeugungseinrichtung hat hierbei, je nach Anwendungsfall, verschiedene Funktionen und Ausgestaltungen, die jeweils wieder von der speziellen Art der Magnetfelderzeugungseinrichtung abhängen.

Bei einer Gruppe von Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Systems mit einer Magnetfelderzeugungseinrichtung ist diese eine Miniaturspule, während der Detektor eine auf magnetischer Induktion basierende Einrichtung ist.

Eine Ausgestaltung in der oben angesprochenen Gruppe von Ausführungsformen des Systems mit Miniaturspulen ist dadurch gekennzeichnet, daß diese Anschlüsse aufweist, über die eine Spannung an die Spule angelegt werden kann. Die Spule erzeugt hierauf ein Magnetfeld, welches dann von dem Detektor erfaßbar ist, wodurch Informationen über die Position des Behandlungsziels erhalten werden können.

Ein weiteres System mit Miniaturspule basiert darauf, daß der Detektor Induktionsspulen aufweist, die über ihr Magnetfeld einen Strom in die Miniaturspule induzieren. Die Miniaturspule weist wiederum Anschlüsse auf, über die der in die Spule induzierte Strom erfaßt werden kann; d. h. der Strom wird gemessen und die Informationen über die Position des Behandlungsziels können anhand von Stromstärke- und Stromdaten erhalten werden.

Ein weiteres Miniaturspulensystem basiert auf der Verwendung einer Spule ohne äußere Anschlüsse. Der Detektor weist hierbei Induktionsspulen auf, die über ihr Magnetfeld selbst einen Strom in die isolierte Miniaturspule induzieren. Dieser Strom erzeugt an der Miniaturspule selbst wieder ein Magnetfeld, das als Sekundärfeld bezeichnet werden kann. Dieses Sekundärfeld wird wiederum von externen Spulen erfaßt, insbesondere den Spulen am Detektor selbst, wodurch Behandlungszielpositionen erhalten werden können. Ein solches Prinzip wird als MRI-Scanner-Prinzip bezeichnet.

Bei allen oben genannten Miniaturspulensystemen sollte der Durchmesser der Miniaturspule geeignet klein sein, und insbesondere kleiner als ein Millimeter.

Ein weiteres Erfassungssystem mit einer Magnetfelderzeugungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung verzichtet auf den Einsatz einer Miniaturspule. Anstelle der Spule wird ein Permanentmagnet in ein Behandlungsziel eingebracht bzw. in dessen Nähe positioniert, der dann über

einen Detektor erfaßbar ist. Insbesondere kann der Permanentmagnet ein Stabmagnet mit geeignet kleinen Abmessungen sein.

Der Detektor kann jeweils mehrere Induktionsspulen aufweisen, die so angeordnet sind, daß die Ausrichtung und die Position der Magnetfelderzeugungseinrichtung genau erfaßt werden kann. Die Position des Detektors selbst gegenüber der computergestützten Referenzierungseinrichtung kann wiederum durch eine Reflektorengruppe stattfinden, die am Detektor angebracht ist.

Auch das erfindungsgemäße Verfahren, das oben schon allgemein beschrieben wurde, kann als zweite Detektionseinrichtung die oben beschriebenen verschiedenen Arten von Magnetfelderzeugungseinrichtungen und die dazugehörigen Detektoren verwenden, die vorteilhafterweise mit einer Reflektorengruppe ausgestattet sind.

#### Patentansprüche

1. System zur Erfassung von Behandlungszielpunkten mit einer computergestützten Referenzierungseinrichtung, die positionsgebende Reflektoren und Marker sowie eine erste Positionsdetektionseinrichtung aufweist und Diagnosedaten eines Patienten mit den ermittelten Positionswerten von Behandlungsgeräten und Patienten-anatomie zur optimierten Behandlung verknüpft, **gekennzeichnet durch eine zweite Positionsdetektionseinrichtung**, die in die Referenzierungseinrichtung eingebunden wird und mit deren Positionsinformationen die Positionswerte aus der ersten Positionsdetektionseinrichtung aktualisiert werden.
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Positionsdetektionseinrichtung eine Reflektorengruppe aufweist, die von der ersten Positionsdetektionseinrichtung erfaßt werden kann.
3. System nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Positionsdetektionseinrichtung ein Ultraschall-Diagnosegerät mit einer Reflektorengruppe tragenden Sonde ist, welche mit einer Ultraschallbildverarbeitung verbunden ist, die ein Ultraschallbild auf derselben Bildausgabe ausgibt, wie eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum.
4. System nach einem der Ansprüche 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Positionsdetektionseinrichtung ein chirurgisches Mikroskop mit einer Reflektorengruppe ist, welches die Position aktuell fokussierter Punkte an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum übermitteln kann.
5. System nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Positionsdetektionseinrichtung ein Ultraschall-Diagnosegerät mit einer Reflektorengruppe tragenden Sonde ist, welche mit einer Ultraschallbildverarbeitung verbunden ist, die die aktuelle Position erfaßter Anatomiegebiete an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung übermittelt, welche wiederum eine Bestrahlungseinrichtung steuert.
6. System nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die computergestützte Referenzierungseinrichtung eine Vorrichtung zur Ansteuerung des Strahlengangs der Bestrahlungseinrichtung steuert.
7. System nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die computergestützte Referenzierungseinrichtung eine Vorrichtung zur Lagesteuerung des Patiententrägers der Bestrahlungseinrichtung steuert.

8. Verfahren zur Erfassung von Behandlungszielpunkten mit den folgenden Schritten:

- computergestützte Referenzierung der Patienten-anatomie mittels positionsgebender Reflektoren und Marker sowie mit einer ersten Positionsdetektionseinrichtung, wobei Diagnosedaten eines Patienten mit den ermittelten Positionswerten von Behandlungsgeräten und Patienten-anatomie zur optimierten Behandlung verknüpft werden,
- Erfassen der aktuellen Position von Behandlungszielen durch eine zweite Positionsdetektionseinrichtung,
- Einbinden der Informationen über die aktuelle Position in die Referenzierungseinrichtung durch die Einbindung der zweiten Positionsdetektionseinrichtung in die Referenzierungseinrichtung,
- Aktualisieren der Positionswerte aus der ersten Positionsdetektionseinrichtung mit den Positionsinformationen der zweiten Positionsdetektionseinrichtung.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die aktuelle Position der Behandlungsziele über eine Reflektorengruppe an der zweiten Positionsdetektionseinrichtung von der ersten Positionsdetektionseinrichtung erfaßt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, bei dem die aktuelle Position der Behandlungsziele, insbesondere in mindestens zwei Ebenen, durch ein Ultraschall-Diagnosegerät mit einer Reflektorengruppe tragenden Sonde erfaßt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem das Ultraschall-Diagnosegerät mit einer Ultraschallbildverarbeitung verbunden ist, die ein Ultraschallbild auf derselben Bildausgabe ausgibt, wie eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem die Initiierung des Datenabgleichs durch ein einfaches bildschirmunterstütztes Verfahren, beispielsweise durch ein Überlagern der Bilder aus der Ultraschallbildverarbeitung und aus der Referenzierungseinrichtung mittels eines Übereinanderziehens der Bilder mit einer Computermaussteuerung erfolgt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, bei dem die aktuelle Position der Behandlungsziele durch ein chirurgisches Mikroskop mit einer Reflektorengruppe erfaßt wird, welches die Position aktuell fokussierter Punkte an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum übermitteln kann.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem zur Feststellung der aktuellen Positionswerte charakteristische Punkte des Behandlungszieles mit dem Mikroskop aus verschiedenen Richtungen fokussiert werden, um danach einen aktuellen Abgleich mit den Werten aus der ersten Positionsdetektionseinrichtung durchzuführen.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, bei dem die Aktualisierung der Positionswerte vor und während der Behandlung mehrmals durchgeführt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die aktuelle Position erfaßter Anatomiegebiete an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung übermittelt wird, welche wiederum eine Bestrahlungseinrichtung steuert.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die computergestützte Referenzierungseinrichtung eine Vorrichtung zur Ansteuerung des Strahlengangs der Bestrahlungseinrichtung, insbeson-

dere gemäß dem Atmungstakt des Patienten, steuert.  
 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die computergestützte Referenzierungseinrichtung eine Vorrichtung zur Lagesteuerung des Patiententrägers der Bestrahlungseinrichtung steuert.

19. Kalibrierungsverfahren zur Einbindung der Positionserfassung eines Ultraschall-Diagnosegerätes in eine computergestützte Referenzierungseinrichtung, die positionsgebende Reflektoren und Marker sowie eine erste Positionsdetektionseinrichtung aufweist und Diagnosedaten eines Patienten mit den ermittelten Positionswerten von Behandlungsgeräten und Patientenanatomie zur optimierten Behandlung verknüpft, mit den folgenden Schritten:

- Feststellen der Position einer Eichhilfe über die Referenzierungseinrichtung durch Lokalisierung der Eichhilfe mittels einer daran angebrachten Reflektorengruppe,
- Erfassen der Struktur der Eichhilfe mit der Sonde des Ultraschall-Diagnosegerätes,
- Erfassen der Sondenposition über die Referenzierungseinrichtung mittels einer an der Sonde angebrachten Reflektorengruppe,
- Kopplung der Positionswerte aus dem Ultraschallbild mit den Positionsdaten aus der Referenzierungseinrichtung, wodurch bestimmt wird, wo der von der Ultraschallsonde abgegriffene Bereich im von der Referenzierungseinrichtung erfaßten Raum liegt.

20. Kalibrierungsverfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Eichhilfe einen Strukturkörper mit in charakteristischer Weise angeordneten Stäben aufweist, deren Winkelordnung und Verkipfung im Ultraschallbild eine exakte Positionsanalyse zuläßt.

21. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Positionsdetektionseinrichtung eine Magnetfelderzeugungseinrichtung aufweist, welche in ein Behandlungsziel eingebracht bzw. in dessen Nähe positioniert ist, sowie einen Detektor für die Magnetfelderzeugungseinrichtung.

22. System nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetfelderzeugungseinrichtung eine Miniaturspule und der Detektor eine auf elektromagnetischer Induktion basierende Einrichtung ist.

23. System nach Ansprüchen 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Miniaturspule Anschlüsse aufweist, über die eine Spannung an die Spule angelegt wird, deren Magnetfeld dann von dem Detektor erfaßbar ist, wodurch Informationen über die Position des Behandlungsziels erhalten werden können.

24. System nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor Induktionsspulen aufweist, die über ihr Magnetfeld einen Strom in die Miniaturspule induzieren, welche wiederum Anschlüsse aufweist über die der in die Spule induzierte Strom erfaßt werden kann, wodurch Informationen über die Position des Behandlungsziels erhalten werden können.

25. System nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor Induktionsspulen aufweist, die einen Strom in eine Miniaturspule ohne äußere Anschlüsse induzieren, welcher ein Magnetfeld an der Spule erzeugt, das dann wiederum vom Detektor erfaßt wird, wodurch Informationen über die Position des Behandlungsziels erhalten werden können.

26. System nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetfelderzeugungseinrichtung ein Per-

manentmagnet, insbesondere ein Stabmagnet mit geeignet kleinen Abmessungen ist.

27. System nach einem der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß ein über eine Reflektorengruppe erfaßbarer Detektor für die Magnetfelderzeugungseinrichtung mehrere Induktionsspulen aufweist.

28. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die aktuelle Position des Behandlungsziels mit einem System nach den Ansprüchen 21 bis 27 erfaßt wird.